

**MENU****SEARCH****INDEX****DETAIL****JAPANESE**

1 / 1

---

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-138935

(43)Date of publication of  
application : 31.05.1996

---

(51)Int.Cl.

H01F 10/16

C22C 38/00

C23C 14/06

G11B 5/39

H01F 10/30

H01L 43/08

---

(21)Application number : 07-235244

(71) TOSHIBA CORP  
Applicant :

(22)Date of filing : 13.09.1995

(72)Inventor : HASHIMOTO SUSUMU  
KAMIGUCHI YUZO  
FUKUYA HIROMI  
IWASAKI HITOSHI  
FUNAYAMA TOMOKI  
SAHASHI MASASHI

---

(30)Priority

Priority number : 06219144    Priority date : 13.09.1994    Priority country : JP

---

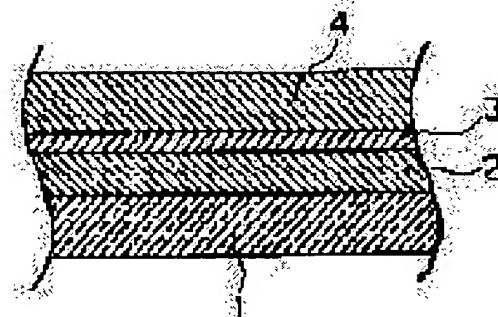
(54) EXCHANGE COUPLING FILM AND MAGNETORESISTANCE EFFECT ELEMENT

AVAILABLE COPY

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain an exchange coupling film which is possessed of a large exchange bias magnetic field and improved in thermal stability by a method wherein a first anti-ferromagnetic film is of tetragonal system, body-centered cubic system, and NaCl system in crystal structure, and a second anti-ferromagnetic film is of face-centered cubic system in crystal structure.

**CONSTITUTION:** A second anti-ferromagnetic film 3 is formed at an interface between a first anti-ferromagnetic film 4 and a ferromagnetic film 2 through an RF magnetron sputtering device for the formation of an exchange coupling film. The exchange coupling film is formed on a board 1 of glass, wherein the ferromagnetic film 2 whose composition is represented by a formula,  $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  (90at% Co-10at% Fe), is formed as thick as 10nm or so, and the first anti-ferromagnetic film 4 which is of cubic system in crystal structure, represented by a formula,  $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{50}$ , in composition, and formed as thick as 3 to 50nm. The second anti-ferromagnetic film 3 which is of face-centered cubic system, represented by a formula,  $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ , in composition, and formed as thick as 0 to 5nm is formed at the interface between the first anti-ferromagnetic film 4 and the ferromagnetic film 2.



---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 18.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3393963

[Date of registration] 31.01.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 10/16				
C 2 2 C 38/00	3 0 3	S		
C 2 3 C 14/06		T 8939-4K		
		N 8939-4K		
G 1 1 B 5/39				

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

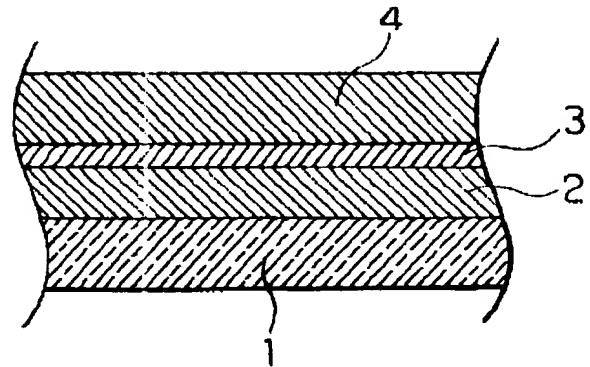
(21) 出願番号	特願平7-235244	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22) 出願日	平成7年(1995)9月13日	(72) 発明者	橋本 進 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 式会社東芝研究開発センター内
(31) 優先権主張番号	特願平6-219144	(72) 発明者	上口 裕三 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 式会社東芝研究開発センター内
(32) 優先日	平6(1994)9月13日	(72) 発明者	福家 ひろみ 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 式会社東芝研究開発センター内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 須山 佐一
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 交換結合膜および磁気抵抗効果素子

(57) 【要約】

【課題】 大きな交換バイアス磁界を有するとともに、さらには熱安定性をも改善し得る交換結合膜およびこの交換結合膜を具備してなり、安定した出力を長期間にわたって得ることのできる磁気抵抗効果素子を提供する。

【解決手段】 第1の反強磁性体膜と、この第1の反強磁性体膜と積層形成される強磁性体膜と、第1の反強磁性体膜と強磁性体膜との界面に形成される第2の反強磁性体膜とを備え、第1の反強磁性体膜は、結晶構造が正方晶系、体心立方晶系およびN a C l系のいずれかに属する系であり、第2の反強磁性体膜は、結晶構造が面心立方晶系の $\gamma$ -M M n、ただしMはF e、C o、N iから選ばれた少なくとも1種) からなる合金膜であることを特徴とする交換結合膜、この交換結合膜を具備する磁気抵抗効果素子。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の反強磁性体膜と、この第1の反強磁性体膜と積層形成される強磁性体膜と、前記第1の反強磁性体膜と前記強磁性体膜との界面に形成される第2の反強磁性体膜とを備えた交換結合膜であって、前記第1の反強磁性体膜は、結晶構造が正方晶系、体心立方晶系およびNaCl系の群から選ばれた1種に属する系であり、前記第2の反強磁性体膜は、結晶構造が面心立方晶系の $\gamma$ -FeMnからなることを特徴とする交換結合膜、ただしMはFe、Co、Niの群から選ばれた少なくとも1種である。

【請求項2】 請求項1記載の交換結合膜において、前記第1の反強磁性体膜の膜厚を $t_{AF1}$ 、前記第2の反強磁性体膜の膜厚を $t_{AF2}$ とすると、 $3\text{nm} \leq t_{AF1} \leq 50\text{nm}$ 、および $0\text{nm} < t_{AF2} \leq 5\text{nm}$ の範囲にあることを特徴とする交換結合膜。

【請求項3】 請求項1記載の交換結合膜において、前記第1の反強磁性体膜のネール温度を $T_N 1$ 、前記第2の反強磁性体膜のネール温度を $T_N 2$ とすると、 $T_N 2 < T_N 1$ の関係にあることを特徴とする交換結合膜。

【請求項4】 請求項1記載の交換結合膜において、前記第1の反強磁性体膜はQ Mn合金、CrM'合金、Ni O合金およびCo O合金の群から選ばれた1種の合金からなる、ここでQはFe、Co、Ni、Cu、Ru、Rh、Re、Ag、Au、Os、Ir、PdおよびPtの群から選ばれた少なくとも1種であり、M'はMn、Fe、Co、Ni、Cu、Ru、Rh、Re、Ag、Au、Os、Ir、PdおよびPtの群から選ばれた少なくとも1種である。

【請求項5】 請求項1ないし請求項4記載のいずれか1項記載の交換結合膜と、前記交換結合膜のうち少なくとも強磁性体膜に電流を通電するための電極とが基板上に形成されてなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 請求項2記載の交換結合膜において、前記第1の反強磁性体膜の膜厚 $t_{AF1}$ は $5\text{nm} \leq t_{AF1} \leq 20\text{nm}$ の範囲にある。

【請求項7】 請求項2記載の交換結合膜において、前記第2の反強磁性体膜の膜厚 $t_{AF2}$ は $0.3\text{nm} < t_{AF2} \leq 5\text{nm}$ の範囲にある。

【請求項8】 請求項1記載の交換結合膜において、前記交換結合膜のブロッキング温度は $200^\circ\text{C}$ 以上である。

【請求項9】 請求項3記載の交換結合膜において、前記第1の反強磁性体膜のネール温度 $T_N 1$ は $230^\circ\text{C}$ 以上である。

【請求項10】 請求項5記載の磁気抵抗効果素子において、請求項1から4記載の交換結合膜、非磁性膜および別の強磁性膜が積層され、スピン依存散乱による抵抗変化を利用して信号検出することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、反強磁性体膜と強磁性体膜との交換結合を用いた交換結合膜、およびこの交換結合膜を具備してなる磁界検出用センサや再生用磁気ヘッド等の磁気抵抗効果素子に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】現在、高密度磁気記録における再生用磁気ヘッドとして、磁気抵抗効果を用いた磁気ヘッドの研究が盛んに進められている。磁気抵抗効果素子材料としては以前より80at%Ni20at%Fe（通称；パーマロイ）合金薄膜が一般的に用いられているが、近年これに替わる材料としてたとえば $(\text{Co}/\text{Cu})_n$ のように多数の磁性層間に非磁性層を設け、磁性層間を磁的に反強磁性結合させた結合型の人工格子膜や、一對の磁性層間に非磁性層を設けた膜において片方の磁性層を反強磁性体膜やハード膜で磁化固着したスピンバルブ膜などの研究が盛んに行われしかし、これらの材料を用いた磁気抵抗効果膜は磁区を持つため、これに起因するバルクハウゼンノイズが実用化の上で大きな問題となっており、磁気抵抗効果膜を単磁区化する方法が種々検討されている。その一つに強磁性体である磁気抵抗効果膜と反強磁性体との交換結合を用いて磁区を特定方向に固着する方法が挙げられ、たとえば、反強磁性体として $\gamma$ -FeMn合金を用いたものが種々提案されている（米国特許第4103315号明細書および米国特許第5014147号明細書）。

##### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、 $\gamma$ -FeMn合金はとくに耐酸化性などの耐食性に問題があり、ひいては磁気抵抗効果膜となる強磁性体膜と $\gamma$ -FeMn合金からなる反強磁性体膜と積層して形成された交換結合膜において、経時的に交換バイアス磁界が劣化する問題がある。また、このような交換結合膜では、交換バイアス磁界が零になるブロッキング温度（ $T_B$ ）が低いと熱安定性にも問題がある。

【0004】さらには、反強磁性体としてMnPt、MnRh合金などのMn合金を用いた例や酸化物系のNiOなどを用いた例なども米国特許第4103315号明細書に提案されている。しかし、これらのMn合金やNiO酸化物などでは強磁性体との交換バイアス磁界が十分でないという問題がある。

【0005】上述したように、強磁性体膜と反強磁性体膜との交換結合を用いた交換結合膜は、これまでたとえば磁気抵抗効果素子のバルクハウゼンノイズの低減等に応用されてきたが、従来の交換結合膜においては交換バイアス磁界の大きさや熱安定性に等しい問題があった。

##### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、このような課題に対処するためになされたもので、大きな交換バイア

ス磁界を有するとともに、さらには熱安定性をも改善し得る交換結合膜およびこの交換結合膜を具備してなり、安定した出力を長期間にわたって得ることのできる磁気抵抗効果素子を提供することを目的とする。

【0007】本発明の交換結合膜は、第1の反強磁性体膜と、この第1の反強磁性体膜と積層形成される強磁性体膜と、第1の反強磁性体膜と強磁性体膜との界面に形成される第2の反強磁性体膜とを備え、第1の反強磁性体膜は、結晶構造が正方晶系、体心立方晶系およびNaCl系のいずれかに属する系であり、第2の反強磁性体膜は、結晶構造が面心立方晶系の $\gamma$ -MMn（ただし、MはFe、Co、Niから選ばれた少なくとも1種）からなることを特徴とする。

【0008】さらに、第1の反強磁性体膜の膜厚を $t_{AF1}$ 、第2の反強磁性体膜の膜厚を $t_{AF2}$ とすると、 $3\text{nm} \leq t_{AF1} \leq 50\text{nm}$ 、および $0\text{nm} < t_{AF2} \leq 5\text{nm}$ の範囲にあり、第1の反強磁性体膜のネール温度を $T_N 1$ 、第2の反強磁性体膜のネール温度を $T_N 2$ とすると、 $T_N 2 < T_N 1$ の関係にあることを特徴とする。

【0009】また、本発明の磁気抵抗効果素子は、上述の交換結合膜とこの交換結合膜のうち少なくとも強磁性体膜に電流を通電するための電極とが基板上に形成されてなることを特徴とする。

【0010】すなわち本発明者等は、第1の反強磁性体膜の結晶構造が正方晶系、体心立方晶系およびNaCl系に属し、この第1の反強磁性体膜と強磁性体膜の界面に形成される第2の反強磁性体膜の結晶構造が面心立方晶系に属する交換結合膜は、大きな交換バイアス磁界を有し、かつこの熱安定性も十分であることを見出し本発明を完成するに至った。

【0011】このように本発明においては、強磁性体膜と第1の反強磁性体膜との界面に第1の反強磁性体膜とは結晶構造の異なる第2の反強磁性体膜を形成することにより大きな交換バイアス磁界が得られるが、これは第1の反強磁性体膜単独では強磁性体膜との界面での磁気的な結合が不十分であり大きなバイアス磁界は得られないが、第2の反強磁性体膜を介して第1の反強磁性体膜と強磁性体膜との結合力がアップ出来るためである。さらに高い熱安定性が得られる理由は、第1の反強磁性体膜の膜厚が第2の反強磁性体膜に比べて薄いので、さらに $T_B$ は界面ではなく反強磁性体膜全体で決定されるので、高い $T_B$ を有する第2の反強磁性体膜により本発明の積層反強磁性体膜の $T_B$ が概ね決定されるためである。

【0012】結晶構造が正方晶系、体心立方晶系およびNaCl系のいずれかに属する系である本発明に係わる第1の反強磁性体膜は、QMn合金、CrM'合金またはNiO、CoOなどの酸化物であることが好ましい。ここでQはFe、Co、Ni、Cu、Ru、Rh、Re、Ag、Au、Os、Ir、Pd、Ptのいずれか1種以上から選ばれ、M'はMn、Fe、Co、Ni、

Cu、Ru、Rh、Re、Ag、Au、Os、Ir、Pd、Ptのいずれか1種以上から選ばれる。

【0013】第1の反強磁性体膜の膜厚( $t_{AF1}$ )は、強磁性体膜へ大きな異方性磁界ならびに交換バイアス磁界を付与するためには、 $3\text{nm} \leq t_{AF1} \leq 50\text{nm}$ の範囲であることが好ましい。すなわち、第1の反強磁性体膜の膜厚( $t_{AF1}$ )が3nm未満であると十分な異方性磁界が得られにくく、50nmを越えると、第2の反強磁性体膜からの影響が弱まることによる反強磁性体膜の結晶性の劣化や、強磁性体膜への膜応力の増加や、強磁性体膜との距離が離れ過ぎてしまうことに起因する第1と第2の反強磁性体膜の相乗効果の消失により、交換バイアス磁界が弱くなってしまうので好ましくない。より好ましい範囲は $5 \leq t_{AF1} \leq 20\text{nm}$ である。

【0014】本発明に係わる第2の反強磁性体膜は第1の反強磁性体膜と強磁性体膜との界面に形成され、結晶構造が面心立方晶系に属する $\gamma$ -MMn合金からなるものであり、その膜厚( $t_{AF2}$ )が好ましくは $0 < t_{AF2} \leq 5\text{nm}$ の範囲である。ここで $\gamma$ -MMn合金のMは、Fe、Co、Niのうちから選ばれた少なくとも1種以上の金属である。さらに強磁性体膜と第1の反強磁性体膜との結晶の整合性やネール温度の制御を目的として、たとえばCu、Ru、Rh、Re、Ag、Au、Os、Irなどの貴金属などを添加することができる。この膜厚( $t_{AF2}$ )が5nmを越えると、 $T_B$ の低下や第2の反強磁性体膜と第1の反強磁性体膜の相乗効果による交換バイアス磁界のアップが期待できなくなるために好ましくない。一方、膜厚( $t_{AF2}$ )が0.3nm未満の場合、その成膜が困難となるので、より好ましい第2の反強磁性体膜の膜厚は $0.3\text{nm} < t_{AF2} \leq 5\text{nm}$ の範囲である。

【0015】さらに本発明では第1の反強磁性体膜のネール温度( $T_N 1$ )と第2の反強磁性体膜のネール温度( $T_N 2$ )が $T_N 2 < T_N 1$ の関係を満足するように設定すれば、交換バイアス磁界が零になる温度であるブロッキング温度( $T_B$ )を高くすることができる。逆に、第1の反強磁性体膜のネール温度( $T_N 1$ )と第2の反強磁性体膜のネール温度( $T_N 2$ )が $T_N 1 \leq T_N 2$ になるとブロッキング温度の向上は顕著ではなく熱安定性はあまり改善されないため好ましくない。一般に交換結合膜においては、ブロッキング温度を越えると交換バイアス磁界が失われて交換結合膜として機能しなくなるため、再び磁界中での処理を必要とするなどの問題がある。このため、良好な熱安定性を維持するために本発明の交換結合膜におけるブロッキング温度は200℃以上が好ましい。また、 $T_N 2 < T_N 1$ であるための $T_N 1$ としては230℃以上が好ましい。

【0016】本発明の交換結合膜において、強磁性体膜とは、強磁性を発現する膜であり、とくに限定はされないが、磁気抵抗効果素子に用いる場合、飽和磁界の小さなパーマロイや大きな磁気抵抗効果を示すたとえばF

e、Ni、Coの強磁性金属やこれらの合金である $\text{Fe}_x\text{Ni}_{100-x}$ 、 $\text{Fe}_x\text{Co}_{100-x}$ 、 $\text{Fe}_x\text{Co}_y\text{Ni}_{100-x-y}$ ならびにこれらの合金に磁気特性向上を目的として第3元素や第4元素などを添加した合金薄膜や人工格子膜が好ましい。

【0017】本発明の交換結合膜は、蒸着法、スパッタ法、MBE法など公知の成膜方法を用いて形成される。このとき反強磁性体膜に一軸磁気異方性を付与するために、磁界中での成膜や磁界中の熱処理を行ってもよい。

【0018】また、本発明の磁気抵抗効果素子においては、第1の反強磁性体膜と第2の反強磁性体膜の一部が接していて、第1の反強磁性体膜とは接していない部分で第2の反強磁性体膜上に導電性の電極が形成されていることが好ましい。ここで第1および第2の反強磁性体膜は強磁性体膜へ大きな交換バイアス磁界を十分な交換バイアス磁界で付与するために必要であり、電極は磁界の変化に対応した磁気抵抗変化の信号を検出するために必要な構成要素である。

【0019】また、このとき用いられる基板は、ガラス、樹脂などの非晶質基板やSi、MgO、サファイア、各種フェライトなどの単結晶基板、配向基板、焼結基板などとくに限定されず、さらに反強磁性体膜や強磁性体膜の結晶性を向上させるために、基板上に1~100nmの厚さの下地層を設けてもよい。そして、下地層は結晶性を向上させるものであればとくに限定されないが、たとえばPdやPtなど貴金属やCoZrNbなどの非晶質合金を用いることができる。このように本発明の交換結合膜は、磁界検出用センサ、再生用磁気ヘッドなどの磁気抵抗効果素子を用いた種々のデバイスに応用できる。

【0020】

【発明の実施の形態】つぎに図面を用いて実施例を説明する。

【0021】

【実施例】

実施例1

RFマグネトロンスパッタ装置を用いて第1の反強磁性体膜と強磁性体膜の界面に第2の反強磁性体膜を形成した交換結合膜を作製した。交換結合膜の断面図を図1に示す。図示されるように、ガラスからなる基板1上で、組成が $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  (90at%Co-10at%Fe)で表される強磁性体膜2の膜厚を10nm、結晶構造が正方晶系に属し組成が $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{50}$ で表される第1の反強磁性体膜4の膜厚を15nmとし、強磁性体膜2と第1の反強磁性体膜4との界面に組成が $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ の第2の反強磁性体膜3を膜厚0から15nmまで変化させた交換結合膜を磁界中で成膜した。基板加熱はとくに行わなかった。

【0022】比較のために第2の反強磁性体膜を界面に形成しなかった場合における磁化容易軸方向a（成膜時の磁界方向）と磁化困難軸方向bの磁化曲線を図2に示

す。このとき磁化0における両者の磁界の大きさの差cが交換バイアス磁界(Hua)となる。

【0023】実施例1の交換結合膜について、第2の反強磁性体膜の膜厚と交換バイアス磁界の関係を図3に示す。図3より、第1の反強磁性体膜( $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{50}$ )と強磁性体膜( $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ )の界面に1nm以上の第2の反強磁性体膜( $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ )を形成することで交換バイアス磁界が9500(A/m)以上と大きくなっていることがわかる。

【0024】一方、第2の反強磁性体膜の膜厚が5nmを越えると交換バイアス磁界の大きさは減少し、界面に第2の反強磁性体膜を形成した効果はなくなっていることがわかる。

【0025】得られた交換結合膜についてX線回折で膜の結晶性を調べたところ、第1の反強磁性体膜と強磁性体膜の界面に第2の反強磁性体膜を形成したことで膜の結晶性が大幅に向上していることが確認された。この結晶性の向上が交換バイアス磁界の増加に寄与しているものと考えられる。

【0026】また、第1の反強磁性体膜として $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{50}$ の代わりに $\text{Co}_x\text{Mn}_{100-x}$  (10<x<50)、 $\text{Pd}_x\text{Mn}_{100-x}$  (40≤x≤60)合金など結晶構造が正方晶系に属する反強磁性体膜や $\text{Cr}_{95}\text{Mn}_5$ 合金、 $\text{Cr}_{98}\text{Mn}_2$ 合金など結晶構造が体心立方晶系に属する反強磁性体膜を用いた交換結合膜を作製し、その交換バイアス磁界を調べたが、NiMn合金の場合と同様に交換バイアス磁界の増加が確認された。

【0027】実施例2

実施例1と同様の方法で、強磁性体膜として $\text{Co}_{83}\text{Fe}_9\text{Pd}_8$ 合金、第1の反強磁性体膜として膜厚が15nmのNiOを用い、その界面に第2の反強磁性体膜として膜厚が0から15nmの $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ を形成した交換結合膜を作製した。このときの第2の反強磁性体膜の膜厚と交換バイアス磁界の関係を図4に示す。図4より、第2の反強磁性体膜の膜厚が1nm以上で交換バイアス磁界が6400(A/m)以上となり、交換バイアス磁界の増加が確認された。

【0028】また、第2の反強磁性体膜として $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ の代わりに $\gamma\text{-Co}_x\text{Mn}_{100-x}$  (50≤x≤65)合金、 $\gamma\text{-Fe}_{65}(\text{Ni}_{0.31}\text{Mn}_{0.67})_{35}$ 合金などの $\gamma\text{-MMn}$ 合金やこれらの合金にCu、Pd、Pt、Auなどの貴金属を5at%添加した合金を用いた交換結合膜を作製し、その交換バイアス磁界を調べたが、 $\gamma\text{-FeMn}$ の場合と同様に交換バイアスの増加が確認された。

【0029】実施例3

ここでは、 $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ 合金を第2の反強磁性体膜、NiOを第1の反強磁性体膜、CoFe合金を強磁性体膜として実施例2で交換バイアス磁界が比較的大きかった交換結合膜を作製し、この交換結合膜を強磁性層

間に非磁性層を設けた磁気抵抗効果膜としてのスピナル膜に適用した。

【0030】具体的に本実施例で作製された磁気抵抗効果素子の一つである磁界検出用センサの断面図を図5に示す。基板1には#7059ガラス（コーニングジャパン社の商品名）を用い、強磁性体膜2には膜厚が7nmの $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ を用い、第1の反強磁性体膜4には膜厚が15nmの $\text{NiO}$ 酸化物、第2の反強磁性体膜3には膜厚が5nmの $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ 合金を、非磁性体膜6には膜厚3nmの $\text{Cu}$ を、電極5には膜厚が0.3 $\mu\text{m}$ の $\text{Cu}$ をそれぞれ用いた。また電極5の間隔は50 $\mu\text{m}$ 、素子幅は8 $\mu\text{m}$ とした。強磁性体膜2、第2の反強磁性体膜3および第1の反強磁性体膜4は、磁界中で成膜を行い膜に一軸異方性を付与した。一軸磁気異方性が素子長手方向となるように、通常の半導体プロセスを用いて素子の加工を行い磁界検出用センサを得た。この後、200℃の磁界中で10分間保持するアニールで（磁界方向は素子幅方向）交換バイアス磁界を素子幅方向に付与した。

【0031】得られた磁界検出用センサに外部から磁界を印加して、その磁界応答特性を調べたところ、 $\text{Ti}$ などの保護膜が形成された反強磁性体膜を $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ 単独で作製した従来の磁界検出用センサと同程度以上

の交換バイアス磁界と出力感度が得られた。

【0032】実施例4～9および比較例1

実施例1と同様のRFマグネトロンスパッタ装置を用いて組成を変化させた第1の反強磁性体膜と強磁性体膜の界面に第2の反強磁性体膜を形成した交換結合膜を作製した。強磁性体膜としては、 $\text{Ni}_{79}\text{Fe}_{16}\text{Co}_5$ 合金を用いた。第1の反強磁性体膜としては、 $\text{Pd}_{56}\text{Mn}_{44}$ （実施例4）、 $\text{Pt}_{59}\text{Mn}_{41}$ （実施例5）、 $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{50}$ （実施例6）、 $\text{Cr}_{92}\text{Pt}_8$ （実施例7）、 $\text{Cr}_{97}\text{Ir}_3$ （実施例8）、 $\text{NiO}$ （実施例9）をそれぞれ15nmの膜厚で用いた。界面には第2の反強磁性体膜として膜厚が5nmの $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ を用いた。

【0033】各実施例の交換結合膜につきその交換バイアス磁界が零になる温度（ブロック温度； $T_B$ ）を調べた。測定結果を反強磁性体膜のネール温度および結晶構造とともに表1に示す。なお比較例1として、反強磁性体膜として膜厚が20nmの $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ 合金を単独で用いた交換結合膜を作製し、ブロック温度を測定した。その結果を表1に示す。

【0034】

【表1】

	第1の反強磁性体		第2の反強磁性体		Blocking Temp.
	組成	$T_N$ (℃)	組成	$T_N$ (℃)	$T_B$ (℃)
実施例					
4	$\text{Pd}_{56}\text{Mn}_{44}$	560	$\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$	229	260
5	$\text{Pt}_{59}\text{Mn}_{41}$	542	( $\gamma$ type)		250
6	$\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{50}$	800			265
7	$\text{Cr}_{92}\text{Pt}_8$	357			230
8	$\text{Cr}_{97}\text{Ir}_3$	307			200
9	$\text{NiO}$	247			160
比較例					
1	なし		$\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$	229	140
			( $\gamma$ type)		

注1 実施例4、5、6の第1の反強磁性体の結晶構造は正方晶系である。

注2 実施例7、8の第1の反強磁性体の結晶構造は体心立方晶系である。

注3 実施例9の第1の反強磁性体の結晶構造は $\text{NaCl}$ 系である。

注4  $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$  ( $\gamma$  type) の結晶構造は面心立方晶系である。

表1より明らかなように、本発明による交換結合膜のブロック温度は大幅に上昇しており、熱安定性に優れ



ていることがわかる。

#### 【0035】実施例10

ここでは、 $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ 合金を第2の反強磁性体膜、 $\text{Ir}_{50}\text{Mn}_{50}$ を第1の反強磁性体膜、 $\text{CoFe}$ 合金を強磁性体膜として実施例2で交換バイアス磁界が比較的大きかった交換結合膜を作製し、この交換結合膜を強磁性層間に非磁性層を設けた磁気抵抗効果膜としてのスピナル膜に適用した。

【0036】具体的に本実施例で作製された磁気抵抗効果素子の一つである磁界検出用センサの断面図を図6に示す。基板1には熱酸化シリコンを用い、強磁性体膜2a、2bには膜厚が4nmの $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ を用い、第1の反強磁性体膜4には膜厚が15nmの $\text{Ir}_{50}\text{Mn}_{50}$ 、第2の反強磁性体膜3には膜厚が3nmの $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ 合金を、非磁性体膜6には膜厚2nmのCuを、電極5には膜厚が0.3 $\mu\text{m}$ のCuをそれぞれ用いた。さらに基板1と強磁性膜2bの間に $\text{CoZrNb}$ アモルファス膜7bと $\text{NiFe}$ 膜7aの積層強磁性下地膜を、電極5と反強磁性膜4の間に保護膜8を形成した。また電極5の間隔は30 $\mu\text{m}$ 、素子幅は8 $\mu\text{m}$ とした。強磁性体膜2、第2の反強磁性体膜3および第1の反強磁性体膜4は、磁界中で成膜を行い膜に一軸異方性を付与した。一軸磁気異方性が素子長手方向となるように、通常の半導体プロセスを用いて素子の加工を行い磁界検出用センサを得た。この後、220 $^{\circ}\text{C}$ の磁界中（素子幅方向）で10分間保持するアニールで交換バイアス磁界を素子幅方向に付与した。

【0037】得られた磁界検出用センサに外部から磁界を印加して、その磁界応答特性を調べたところ、Tiな

どの保護膜が形成された反強磁性体膜を $\gamma\text{-Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ 単独で作製した従来の磁界検出用センサと同程度以上の交換バイアス磁界と出力感度が得られた。

#### 【0038】

【発明の効果】本発明によれば、大きな交換バイアス磁界を有するとともに交換バイアス磁界が十分で、かつ熱安定性をも改善し得る交換結合膜を提供することができ、さらに本発明の磁気抵抗効果素子は上述の交換結合膜を使用するので、安定した出力が得られるとともにバルクハウゼンノイズ発生もみられず、この工業的価値は大なるものがある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1における交換結合膜の断面図である。

【図2】実施例1における磁化曲線を示す図である。

【図3】実施例1における第2の反強磁性体膜の膜厚と交換バイアス磁界の関係を示す図である。

【図4】実施例2における第2の反強磁性体膜の膜厚と交換バイアス磁界の関係を示す図である。

【図5】実施例3における磁界検出センサの断面図である。

【図6】実施例10における磁界検出用センサの断面図である。

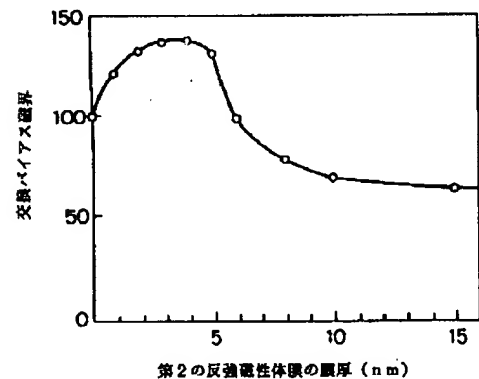
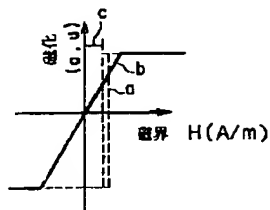
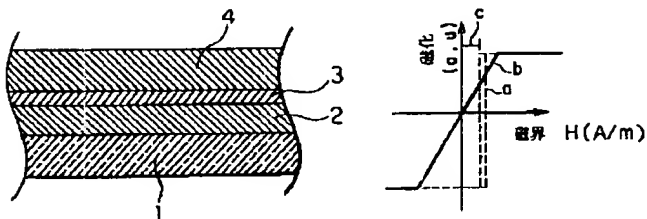
#### 【符号の説明】

1………基板、2………強磁性体膜、3………第2の反強磁性体膜、4………第1の反強磁性体膜、5………電極、6………非磁性層、7a、7b………強磁性下地膜、8………保護膜。

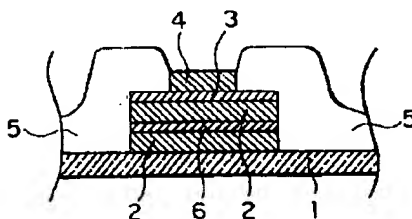
【図1】

【図2】

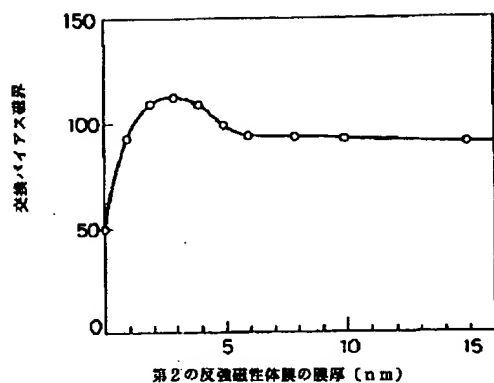
【図3】



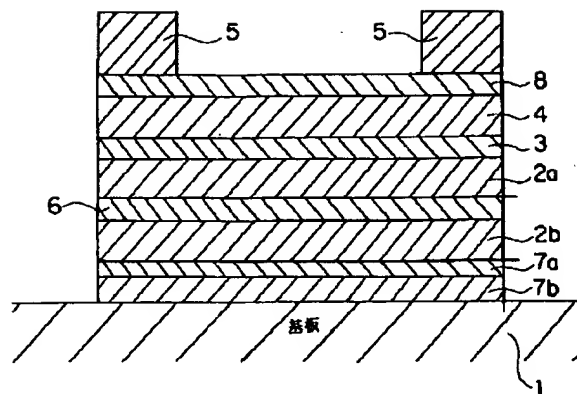
【図5】



【図 4】



【図 6】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 F 10/30

H 0 1 L 43/08

Z

(72)発明者 岩崎 仁志

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 船山 知己

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 佐橋 政司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**